

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-204696

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

F 04 D 19/04

識別記号

H

庁内整理番号

8914-3H

⑭ 公開 平成2年(1990)8月14日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 ターボ分子ポンプ装置

⑯ 特 願 平1-22965

⑰ 出 願 平1(1989)1月31日

⑱ 発 明 者 国 島 重 男 京都府京都市右京区西院追分町25番地 株式会社島津製作所五条工場内

⑱ 発 明 者 井 上 新 造 京都府京都市右京区西院追分町25番地 株式会社島津製作所五条工場内

⑱ 発 明 者 成 田 深 京都府京都市右京区西院追分町25番地 株式会社島津製作所五条工場内

⑲ 出 願 人 株式会社島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

⑳ 代 理 人 弁理士 赤澤 一博

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ターボ分子ポンプ装置

## 2. 特許請求の範囲

ターボ分子ポンプの軸変位を測定しそれをスペクトル解析することによって振動成分を検出する振動検出手段と、前記ポンプの軸回転数を検出する回転数検出手段と、該ポンプの内部圧力を検出する圧力検出手段と、該ポンプの内部温度を検出する温度検出手段と、これらの検出手段から取出される検出値を入力して予め設定した異常判定基準値と比較する比較手段と、この比較手段において異常判定された検出値を維持し得る保存手段と、前記比較手段における異常判定回数が許容回数を上回った場合に出力し得る警告手段とを具備してなることを特徴とするターボ分子ポンプ装置。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、超高真空を利用する各種の分野に広く適用可能なターボ分子ポンプ装置に関するもの

である。

〔従来の技術〕

ターボ分子ポンプ(以下、TMPと略称する)は、超高真空の達成手段として、加速器を用いた核融合分野を始め、CVDやスパッタリングに代表される半導体製造装置分野、大形分析機器分野等に広く利用されている。従来のTMPがロータをベアリングによって軸支されていたのに対し、近時のTMPは、回転の高速化とオイルフリーとを達成するために、ベアリングに代えて第6図に示すように磁気軸受101、102、103を採用し、ロータ104を非接触に軸支し得るようになっている。101、102は能動形のラジアル磁気軸受、103は能動形のスラスト磁気軸受である。これらの軸受101~103を制御するために、各々の軸受近傍に変位センサ101a、102a、103aを配置して軸受間の微小隙間を検出し、その検出値を第5図に示すような軸受制御部104に入力するようにしている。軸受制御部104では、変位センサ101a~103aか

PTO 2003-5155

S.T.I.C. Translations Branch

BEST AVAILABLE COPY

AP

ら入力された検出値をアンプ104aで増幅し、コントローラ104bで差動的な修正信号にして、ドライバ104cを介し各磁気軸受101~103の電磁石に駆動電圧を印加できるようになっている。

また、高周波モータ111を駆動するために、発振周波数と出力電圧とを可変し得るインバータ105を備えており、OR回路106とともにシーケンス制御系を構成している。そして、このインバータ105に起動指令が入力されることによってTMP100を立上げ、OR回路106に停止指令が入力されることによってTMP100に制動を加えることができるようになっている。

ところで、この種TMPで最も注意を払うべき点は、軸の振れ回りが過大になった時にロータ104がステータ側に固体接触して軸受が破損する事態(タッチダウン破壊)を回避することにある。このため、変位センサ101a~103aの検出値をコンパレータ107で設定値と比較させ、軸受制御電圧が一定時間に亘ってその設定値を上回

ったときに異常処理回路108を停止モードに切換えるようにしている。異常処理回路108は、停止モードで異常表示灯109を点灯させると同時に、前記OR回路106に停止指令を入力する。また、他の保護機能としては、TMP100内に設置したサーマルプロテクタ110が温度異常を検出した場合、或いは、インバータ105にF/V変換器112を介して接続されているコンパレータ113がタイマ114によって設定した一定の立上り時間後にインバータ発振周波数の異常を検出した場合に、それぞれ前記異常処理回路108を停止モードに切換え得るようになっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところが、従来のTMPでは、事故が起きる前に性能低下を予知することが極めて難しいという問題を抱えている。例えば、TMPを定期的に点検するにしても、点検箇所はロータの剛性や荷重バランスを始め、バルブなどの流体系路、制御係数の妥当性、モータの疲労度など、広範囲に及ぶ。このため、点検ごとに全てを調べることは不可能

に近い。また、ロータの変形による荷重アンバランスなど、停止しているときには点検してもわからない要素もある。したがって、性能低下が徐々に進行していても、保護機能が働くような重大な異常が生じるか、或いは突発的な事故に至るかしない限り、TMPは継続して運転され、その兆候も伺い知れないのが実状である。しかも、現行のTMPでは、事故が起こった後に異常原因を究明することが極めて難しいといった事情もある。

本発明は、このような問題点に着目してなされたものであって、徐々に進行している性能低下をその具体的状況とともに適確に感知することにより、事前に確実な修理を行い得るようにしたTMP装置を実現することを目的としている。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、かかる目的を達成するために、次のような構成を採用したものである。

すなわち、本発明のTMP装置は、第1図に示すように、TMP1の軸変位を測定しそれをスペクトル解析することによって振動成分を検出する

振動検出手段2と、前記TMP1の軸回転数を検出する回転数検出手段3と、該TMP1の内部圧力を検出する圧力検出手段4と、該TMP1の内部温度を検出する温度検出手段5と、これらの検出手段から取出される検出値を入力して予め設定した異常判定基準値と比較する比較手段6と、この比較手段において異常判定された検出値を維持し得る保存手段7と、前記比較手段6における異常判定回数が許容回数を上回った場合に出力し得る警告手段8とを具備してなることを特徴としている。

〔作用〕

軸変位は、実回転数に等しい周波数の基本振動成分と、その整数倍である高調波振動成分と、場合によってはそれらとは異なる周波数域に現れる振動成分との合成によって生じるもので、何れの振動成分が成長しても、振れ回りが大きくなって危険である。また、TMPには本来的に最も振動の発生し易い固有値があり、軸回転数がその固有振動数に近づくと共振を起こすため振幅が急激に

増大する可能性がある。一方、TMP内部の圧力や温度がにわかに上昇した場合には、近い将来に急激な大気突入やモータ焼損が起きることが予想される。

しかし、このような事故と関係の深いデータを各検出手段から取出し、比較手段で異常であるか否かを判断して、異常検出値がTMP運転中に許容回数を越えるまで度重なったときに警告手段によって警告するようにすれば、重大な事故に至る前に事前に、性能低下が存在することを感知することができる。しかも、保存手段には異常判定された検出値が維持されているので、修理すべき箇所を比較的容易に判別し得るようになる。

#### [実施例]

以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。

第2図は、本実施例の磁気軸受TMP装置を示している。同図において、軸受制御部11によって駆動される磁気軸受12と、該軸受12の微小隙間を検出する変位センサ13と、モータ駆動部

14によって駆動される高周波モータ15とがTMP1内に一体に組込まれている点は、第5図に示した従来のものと同様である。また、TMP1内の回転数、圧力、温度を検出するために回転センサ16、圧力センサ17、温度センサ18がそれぞれ内設してある。

具体的に説明すると、軸受制御部11では、変位センサ13から取出された検出値をアンプ11aで増幅し、これをコントローラ11bで差動的な修正信号にして、ドライバ11cを介し磁気軸受12を構成する電磁石に駆動電圧を印加できるようにになっている。このような構成は、能動5軸についてそれぞれ設けてある。また、モータ駆動部14は、発振周波数と出力電圧とを可変し得るインバータ14aとOR回路14bとによってシーケンス制御系を構成しており、外部から起動指令が入力されるとTMP1を立上げ、OR回路14bに停止指令が入力されるとTMP1に制動を加えることができるようになっている。停止指令は、入力操作か、後述する異常処理回路24の信

号かの何れかによって与えられる。

また、データ処理部20は、前処理回路21と、A/D変換器22と、カウンタ23とを備えており、前述した変位センサ13の検出値を前処理回路21を介してA/D変換器22に入力するとともに、温度センサ18及び圧力センサ17の検出値を直接A/D変換器22に入力するようにしている。すなわち、圧力センサ17とA/D変換器22とが本発明の圧力検出手段を、温度センサ18とA/D変換器22とが本発明の温度検出手段をそれぞれなしている。また、前処理回路21は、変位センサ13からの検出値を2種類の周波数域にスペクトル解析するBPF(バンドパスフィルタ)21a、21bと、それらのフィルタ21a、21bに接続されたピークホールド回路21c、21dとからなり、両周波数域の振幅に比例した電圧がA/D変換器22に入力されるようになっている。すなわち、変位センサ13、アンプ11a及びデータ処理部20で本発明の振動検出手段を構成している。さらに、回転センサ16の検出

値はインバータ14aの発振周波数とともにカウンタ23に入力されるようにしてあり、これが本発明の回転数検出手段をなしている。なお、異常処理回路24では、アンプ11aの出力端に接続したコンパレータ11dから軸受制御電圧が設定値を越えたときに信号を受取り、その状態が予め設定した時間続いたときに、異常表示灯25を点灯させ、同時に前記OR回路14bに停止指令を出力し得るようになっている。

そして、前述したA/D変換器22の出力を、カウンタ23の出力とともに、本発明の比較手段であるマイクロコンピュータ26に入力するようにしている。このマイクロコンピュータ26は、CPU26a、ROM26b、RAM26c、INTERFACE26dを備えた周知のもので、ROM26b内にはCPU26aを制御するプログラムが蓄込まれている。RAM26c内には、各検出値に対する異常判定基準値が記憶させてあり、また、短期データエリアと、本発明の保存手段となる異常データエリアとが確保されている。

そして、CPU 26aは、ROM 26b内のプログラムに従ってA/D変換器22及びカウンタ23から取込んだデータを逐次処理するとともに、必要に応じてカレンダータイマ27から時間情報として日時データを読み込み、或いは、プリンタ28を作動させてRAM 26c内の異常データをハードコピーすることができるようになっている。プリントアウトは印字指令によって行われる。また、マイクロコンピュータ26には本発明の警告手段である修理予告灯29が接続してあり、前記CPU 26aから適宜点灯指令を出力し得ようになっている。

ROM 26b内に書込まれたプログラムをフローチャートで示すと、第3図のようになる。以下、同図に沿って本実施例の作動を説明する。プログラムがスタートすると、先ず、ステップS<sub>1</sub>で各種データを取込み、次のステップS<sub>2</sub>でそれらを短期データエリアに格納し、このときデータ数がメモリ容量を越えていれば最古データを破棄する。次に、ステップS<sub>3</sub>で各種データを異常判定基準

値と比較し、正常値であれば再びスタートに戻る。また、異常値であれば、ステップS<sub>4</sub>でカレンダータイマから日付や時刻などの時間情報を読み込み、ステップS<sub>5</sub>で異常値とともに異常データエリアに格納する。このとき、異常判定の回数をその検出対象ごとにカウントし、そのカウント値が予め設定した許容回数N(例えば10回)に達していないかどうかを判断する。カウント値が許容回数N内であればそのままステップS<sub>3</sub>に飛び、許容回数Nに達していればステップS<sub>6</sub>で修理予告灯29を点灯させた後にステップS<sub>7</sub>に移る。ステップS<sub>7</sub>ではプリント指令があるかどうかを判断し、指令があればステップS<sub>8</sub>でそれらを印字してプログラムを終わる。また、指令がなければそのままプログラムを終わる。

しかして、以上のようなものであれば、ある検出値に許容回数N以上の異常値が現れたときに修理予告がなされるので、性能低下を事前に感知することができる。この場合、プリント指令があればそれらの異常データがプリントアウトされて出

てくるし、プリントアウトされない場合にも修理予告灯29の点灯を見てRAM 26c内の異常データを確認することができるので、性能低下の場合や状態を具体的に把握することが可能となる。このため、TMPが重大な事故に至る前に確実な修理を行うことができるようになり、メンテナンスの便宜とTMPの信頼性向上とが果たされ得るものとなる。

なお、短期データエリアや異常データエリアに異常値を格納せずに、リアルタイムでプリンタに出力させるようにしてもよい。この場合は、プリンタによるハードコピーが本発明の保存手段としての役割を果たすことになる。また、TMPを並列運転するときは、本装置にそれらを集中管理させることもできる。その他、各部の構成なども、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

#### [発明の効果]

本発明のTMP装置によれば、TMPが重大な事故に至る前に事前に性能低下が警告され、その

異常検出値が保存されるので、修理の便宜が図られ、TMPの信頼性向上が果たされ得るものとなる。

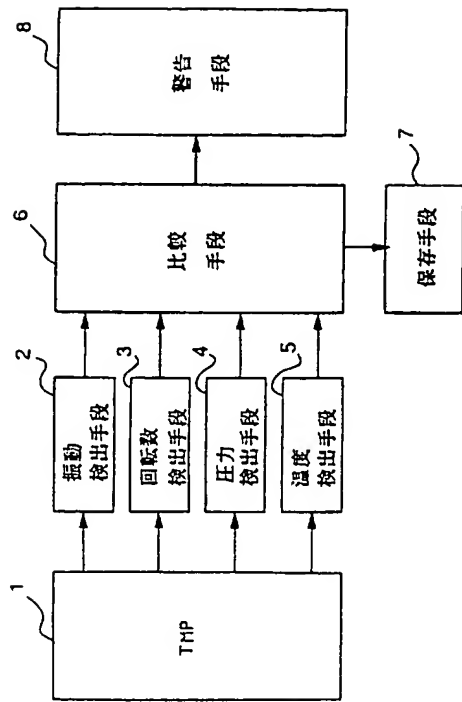
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明のTMP装置を示す構成説明図である。また、第2図および第3図は本発明の一実施例を示し、第2図は回路図、第3図はフローチャート図である。さらに、第4図および第5図は従来例を示し、第4図はTMPの縦断面図、第5図は第2図に対応する回路図である。

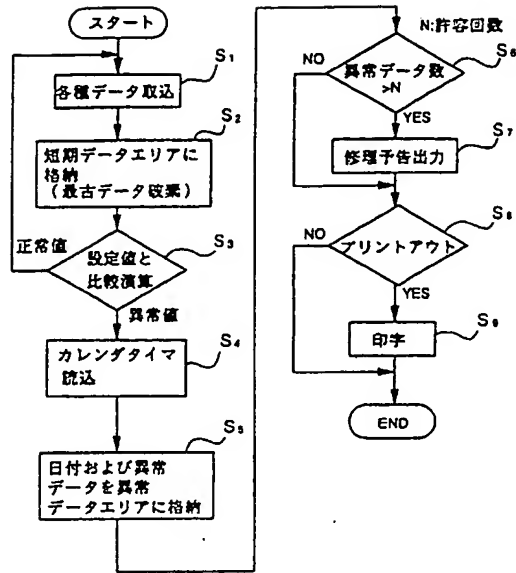
- 1…TMP
- 2…振動検出手段
- 3…回転数検出手段
- 4…圧力検出手段
- 5…温度検出手段
- 6…比較手段
- 7…保存手段
- 8…警告手段

代理人 弁理士 赤澤一博

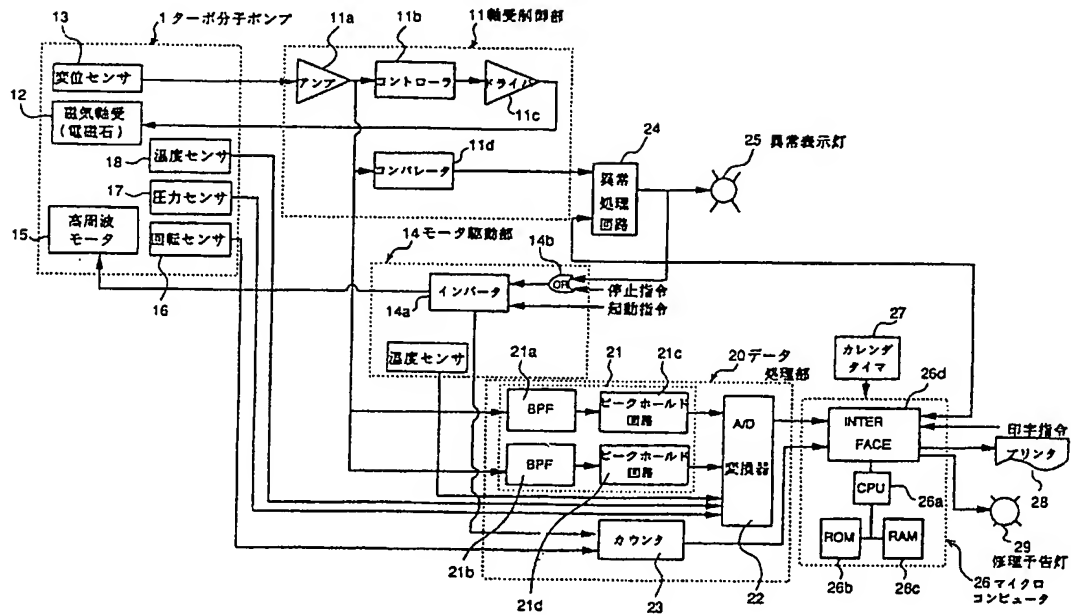
第 1 図



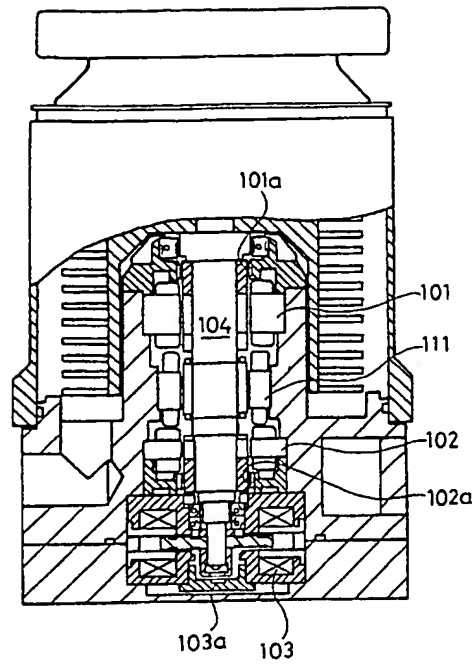
第 3 図



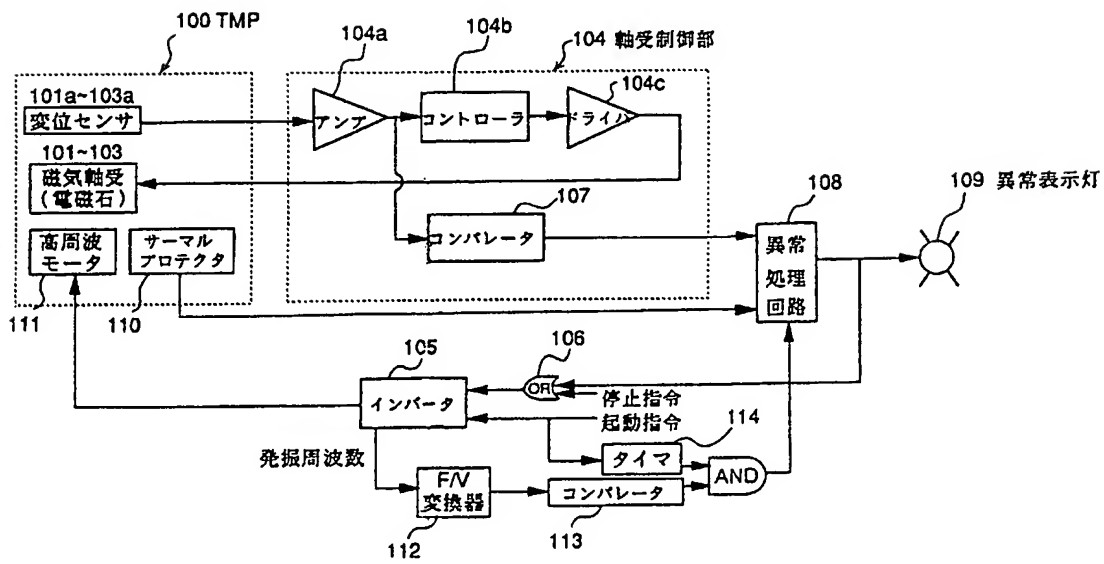
第 2 図



第 4 図



第 5 図



PTO 03-5155

CY=JA DATE=19900814 KIND=A  
PN=02-204696

TURBOMOLECULAR PUMP SYSTEM  
[Tabo Bunshi Ponpu Sochi]

Shigeo Kuniyima, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
Washington, D. C. September 2003

Translated by: FLS, Inc.

PUBLICATION COUNTRY	(19): JP
DOCUMENT NUMBER	(11): 02204696
DOCUMENT KIND	(12): A
	(13): PUBLISHED UNEXAMINED APPLICATION (Kokai)
PUBLICATION DATE	(43): 19900814
PUBLICATION DATE	(45):
APPLICATION NUMBER	(21): 01022965
APPLICATION DATE	(22): 19890131
ADDITION TO	(61):
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51): F04D 19/04
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):
PRIORITY COUNTRY	(33):
PRIORITY NUMBER	(31):
PRIORITY DATE	(32):
INVENTORS	(72): KUNIJIMA, SHIGEO; INOUE, SINZO; NARITA, KIYOSHI
APPLICANT	(71): SHIMAZU CORPORATION
TITLE	(54): TURBOMOLECULAR PUMP SYSTEM
FOREIGN TITLE	[54A]:Tabo Bunshi Ponpu Sochi



## 1. Title

Turbomolecular Pump System

## 2. Claims

A turbomolecular pump system comprising a vibration detection means for detecting vibration components by measuring the axial displacement of the turbomolecular pump and analyzing it by means of spectral analysis; a revolution-number detection means for detecting the number of revolutions of the shaft of the aforesaid pump; a pressure detection means for detecting the internal pressure of the pump; a temperature detection means for detecting the internal temperature of the pump; a comparison means for receiving the detected values from these detection means and comparing them with the preset abnormality-determination reference values; a storage means for retaining the values that are determined to be abnormal by this comparison means; and a warning means for issuing a warning output when the number of abnormality decisions made by the aforesaid comparison means has exceeded the allowable number of times.

---

\* Number in the margin indicates pagination in the foreign text.

### 3. Detailed Description of the Invention

#### [Industrial Field of Application]

The present invention pertains to a turbomolecular pump system that can be widely applicable to various fields that utilize ultrahigh vacuum.

#### [Prior Art]

Turbomolecular pumps (hereinafter abbreviated as TMPs) have been widely used as the means for attaining ultrahigh vacuum in various fields, including the nuclear fusion field that utilizes accelerators, the field of semiconductor manufacturing apparatuses, typical examples of which are CVD and sputtering devices, the field of large analytical instrumentation, etc. In the prior-art TMPs, the rotors are supported by bearings. In contrast, for the purpose of achieving a high rotation speed and oil-free operation, the recent TMPs employ magnetic bearings (101, 102, 103), as shown in Fig. 6, instead of bearings so as to make it possible to support the rotor (104) without making contact. Reference numerals 101 and 102 indicate active radial magnetic bearings, and 103 is an active thrust magnetic bearing. In order to control these bearings (101 through 103), a displacement sensor (101a, 102a, or 103a) is placed near each bearing and detects a minute space between the bearings, and the detection values are input to a bearing control section (104), such as the one shown in Fig. 5. The bearing

control section (104) is so configured that it can amplify the detection values input from the displacement sensors (101a through 103a) by an amplifier (104a) and convert them to differential /728 correction signals by a controller (104b), thus applying a driving voltage to the electromagnet of each magnetic bearing (101 through 103) by means of a driver (104c).

In order to drive the high-frequency motor (111), an inverter (105) that can vary its oscillation frequency and output voltage is provided, and it forms a sequence control system together with an OR circuit (106). The TMP (100) is activated when an activation command is input to this inverter (105) and braked when a stop command is input to the OR circuit (106).

The point that requires the most attention with respect to this type of TMP is to avoid the situation in which, when the whirling of the shaft becomes excessive, the rotor (104) makes solid-contact with the stator side, thus damaging the bearings (touchdown damage). Accordingly, the detection values of the displacement sensors (101a through 103a) are compared with the preset value in the comparator (107), and, when the bearing control voltage exceeds the preset value for a given period of time, the abnormality-processing circuit (108) is switched to the stop mode. The abnormality-processing circuit (108) in the stop mode causes the abnormality indicator lamp (109) to light up and, at the same time, inputs a stop command to the aforesaid OR

circuit (106). Furthermore, as other protective functions, when the thermal protector (110) provided inside the TMP (100) detects temperature abnormality or when the comparator (113) connected to the inverter (105) via the F/V converter (112) detects abnormality of the inverter's oscillation frequency after a given start-up time set by the timer (114), the aforesaid abnormality-processing circuit (108) is switched to the stop mode.

[Problems that the Invention Intends to Solve]

Existing TMPs, however, have the problem that it is extremely difficult to predict performance deterioration before any accident occurs. Even if TMPs are inspected periodically, there are a wide range of points to be inspected, including the rigidity and load balance of the rotor, fluid-system passages [sic], such as valves, etc., appropriateness of the control coefficients, degree of motor fatigue, and so forth. Therefore, it is nearly impossible to check every item during each inspection. In addition, like load unbalance caused by rotor deformation, there are factors that cannot be detected by inspections conducted while TMPs are still. Therefore, even if performance deterioration is gradually progressing, TMPs continue to be operated unless a serious malfunction that triggers a protective function occurs or unless a sudden accident occurs, and the indications of performance deterioration are also hard to detect. Furthermore, there is also another problem with existing TMPs that it

is extremely difficult to investigate the cause of abnormality after an accident has occurred.

The present invention was achieved, focusing attention on these problems, and it intends to realize a TMP system that can accurately detect gradually progressing performance deterioration as well as concrete indications thereof so as to make it possible to implement positive preventive repair.

[Means of Solving the Problems]

In order to achieve the aforesaid objective, the present invention employs the following configuration.

That is, the TMP system of the present invention is, as shown in Fig. 1, characterized by being equipped with a vibration detection means (2) for detecting vibration components by measuring the axial displacement of the TMP (1) and analyzing it by means of spectral analysis; a revolution-number detection means (3) for detecting the number of revolutions of the shaft of the aforesaid TMP (1); a pressure detection means (4) for detecting the internal pressure of the TMP (1); a temperature detection means (5) for detecting the internal temperature of the TMP (1); a comparison means (6) for receiving the detection values from these detection means and comparing them with the preset abnormality-determination reference values; a storage means (7) for retaining the values that are determined to be abnormal by this comparison means; and a warning

means (8) for issuing a warning output when the number of abnormality decisions made by the comparison means (6) has exceeded the allowable number of times.

[Operation]

Axial displacement occurs as a result of the synthesis of a basic vibration component having a frequency equal to the actual [sic] number of revolutions, a harmonic vibration component having an integral multiple of the aforesaid frequency, and, in some cases, a vibration component that appears in a frequency range that is different from these, and the development of any one of these vibration components leads to increased whirling, which is a dangerous situation. A TMP has a characteristic value at which it inherently generates vibrations most readily. When the number of axial revolutions approaches the characteristic vibration frequency, resonance occurs, and, as a result, the vibrational amplitude could /729 increase suddenly. Meanwhile, when the pressure or temperature inside a TMP suddenly increases, a sudden air inrush or motor burnout could be expected to occur in the near future.

Accordingly, by reading data related closely to these accidents from each detection means, by determining by the comparison means whether it is abnormal or not, and by issuing an alarm by a warning means when abnormality detection values have occurred frequently beyond the allowable number of times while the TMP is operated, the

presence of performance deterioration can be detected before it leads to a serious accident. Furthermore, because the storage means retains the detection values that are determined abnormal, the section that should be repaired can be determined relatively easily.

[Embodiments]

The following explains one embodiment of the present invention, referring to figures.

Figure 2 illustrates the magnetic-bearing TMP system of the present embodiment. In this figure, a magnetic bearing (12), which is driven by the bearing control section (11), a displacement sensor (13) for detecting minute spacing of the bearing (12), and a high-frequency motor (15), which is driven by the motor-driving section (14), are incorporated inside a TMP (1), and, with respect to this point, this embodiment is the same as the prior art shown in Fig. 5. In order to detect the number of revolutions, pressure, and temperature inside the TMP (1), a revolution sensor (16), a pressure sensor (17), and temperature sensor (18) are placed inside the TMP.

More specifically, in the bearing control section (11), the detection value read from the displacement sensor (13) is amplified by the amplifier (11a) and converted to a differential correction signal by the controller (11b), thus applying by means of the driver (11c) a driving voltage to the electromagnet that constitutes the magnetic bearing (12). This configuration is provided for five active shafts

individually. The motor-driving section (14) forms a sequence control system from an inverter (14a) that can vary its oscillation frequency and output voltage and an OR circuit (14b), and it is configured in such a manner that, when it receives an activation command from an external section, it activates the TMP (1) and that, when a stop command is input to the OR circuit (14b), it applies a brake. A stop command can be given either by an input operation or by a signal of the abnormality-processing circuit (24) described later.

The data-processing section (20) has a preprocessing circuit (21), A/D [analog-to-digital] converter (22), and counter (23). The A/D converter (22) receives the detection value of the aforesaid displacement sensor (13) via the preprocessing circuit (21) and also receives the detection values of the temperature sensor (18) and pressure sensor (17) directly. In other words, the pressure sensor (17) and the A/D converter (22) constitute the pressure detection means of the present invention, and the temperature sensor (18) and the A/D converter (22) constitute the temperature detection means of the present invention. The preprocessing circuit (21) is comprised of BPFs (band-pass filters) (21a, 21b) for filtering the detection values of the displacement sensor (13) into two kinds of frequency ranges by means of spectral analysis and of peak-hold circuits (21c, 21d) that are connected to these filters (21a, 21b), and voltages proportional to the amplitudes of both frequency ranges are input to the A/D



converter (22). In other words, the displacement sensor (13), amplifier (11a), and data-processing section (20) constitute the vibration detection means of the present invention. In addition, the detection value of the revolution sensor (16) is input to the counter (23) together with the oscillation frequency of the inverter (14a), and these constitute the revolution-number detection means of the present invention. The abnormality-processing circuit (24) receives a signal from the comparator (11d) connected to the output end of the amplifier (11a) when the bearing control voltage exceeds a preset value, and, when this condition continues for a predetermined time, this circuit causes the abnormality indicator lamp (25) to light up and, at the same time, outputs the stop command to the aforesaid OR circuit.

Then, the output of the aforesaid A/D converter (22), together with the output of the counter (23), is input to a microcomputer (26), which is the comparison means of the present invention. This microcomputer (26) is a known type, equipped with a CPU (26a), ROM (26b), RAM (26c), and interface (26d), and a program for controlling the CPU (26a) is written in ROM (26b). The RAM (26c) stores the abnormality-determination reference value for each type of detection value, and it provides a short-term data area and an abnormality data area that functions as the storage means of the present invention. /730

The CPU (26a) processes data read from the A/D converter (22) and the counter (23) consecutively according to the program stored in the ROM (26b) and also reads time information and date data as necessary from the calendar timer (27) or activates the printer (28) to produce a hard copy of the abnormality data stored in the RAM (26c). Printing is implemented by a print command. In addition, a repair-warning lamp (29), which functions as the warning means of the present invention, is connected to the microcomputer (26); thus, the lighting command can be output from the aforesaid CPU (26a) as appropriate.

When the program written in the ROM (26b) is presented in the form of a flowchart, one shown in Fig. 3 is obtained. The following explains the operation of the present embodiment in reference to this figure. When the program is initiated, various kinds of data are read in step S1 and stored in the short-term data area in the subsequent step S2, and, in this process, if the amount of data exceeds the memory capacity, the oldest data is discarded. Next, various kinds of data are compared with the abnormality-determination reference values in step S3, and, if they are found to be normal values, the process returns to the beginning. On the other hand, if they are found to be abnormal values, time information, such as date, time, etc., is read from the calendar timer in step S4 and stored together with the abnormal values in the abnormality data area in step S5. Here, the number of abnormality determinations is counted for each detection

object, and it is checked to see whether the count value has reached the preset allowable number (N) of times (for example, 10 times). If the count value is within the allowable number (N) of times, the process skips to step S8 directly, and, if it has reached the allowable number (N) of times, the repair-warning lamp (29) is lighted in step S7, and the process then proceeds to step S8. In step S8, it is checked to see if there is a print command or not, and, if so, printing is carried out in step S9, after which the program is finished. If there is no print command, the program comes to end directly.

With the aforesaid configuration, a repair warning is given when abnormal values have appeared more often than the allowable number of times with respect to a certain detection value; therefore, performance deterioration can be detected in advance. In this case, if there is a print command, the abnormality data is printed. Even if it is not printed, the user can check the abnormality data stored in the RAM (26c) upon seeing the lighting of the repair-warning lamp (29). Therefore, the user can have a concrete understanding of the location and condition of performance deterioration. As a result, positive repair can be implemented before the TMP has a serious accident; thus, the present invention achieves convenience in maintenance and improvement in reliability of the TMP.

Incidentally, the present invention may also be configured so as to print out abnormal values in real time, without storing them in the short-term area or abnormality data area. In this case, the hard copy produced by the printer functions as the storage means of the present invention. When TMPs are operated in parallel, the present system can be used for centralized control of these TMPs. Besides these, various modifications can be introduced to the configuration, etc., of each component within the scope of the present invention.

#### [Effects of the Invention]

The TMP system of the present invention gives a warning for performance deterioration before it has a serious accident and stores the abnormal detection values; thus, it facilitates repair and improves the reliability of the TMP.

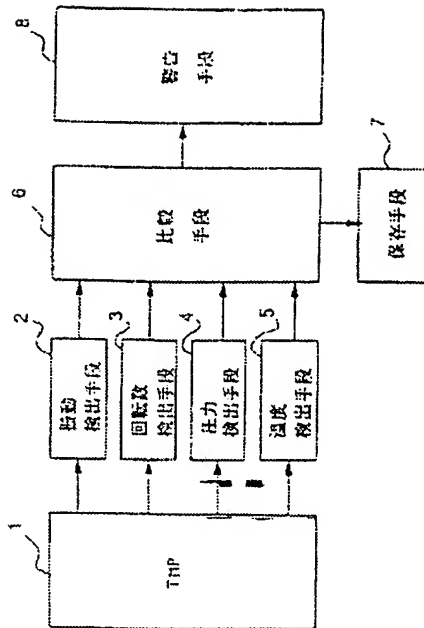
#### 4. Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 is a structural explanatory drawing illustrating the TMP system of the present invention. Figures 2 and 3 illustrate one embodiment of the present invention, Fig. 2 being a circuit drawing and Fig. 3 being a flowchart. Figures 4 and 5 illustrate a prior-art example, Fig. 4 being a vertical cross-section of the TMP and Fig. 5 being a circuit drawing corresponding to Fig. 2.

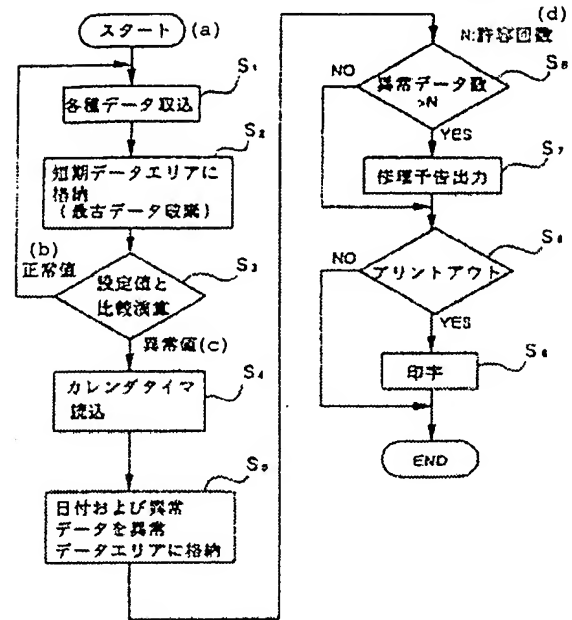
- 1     TMP
- 2     vibration detection means
- 3     revolution-number detection means

- 4    pressure detection means
- 5    temperature detection means
- 6    comparison means
- 7    storage means
- 8    warning means

[FIG. 1]

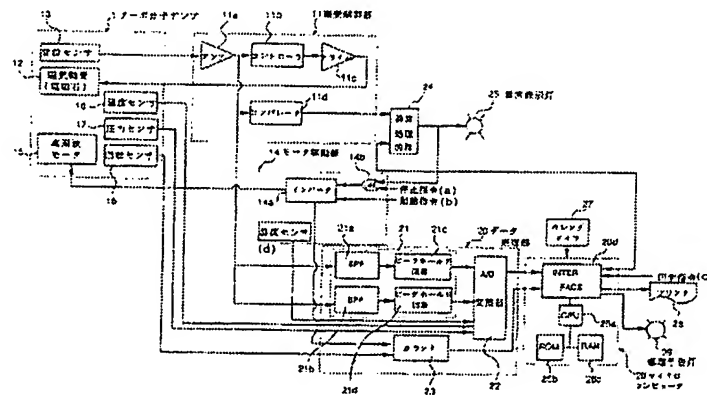


[FIG. 3]



Key: a) start; b) normal value; c) abnormal value; d) allowable number of times; S1) read various types of data; S2) store in short-term data area (discard the oldest data); S3) comparison operation with preset value; S4) read calendar timer; S5) store the date and abnormal data in abnormal data area; S6) number of abnormal data readings; S7) output repair warning; S8) print-out command; S9) printing.

[FIG. 2]

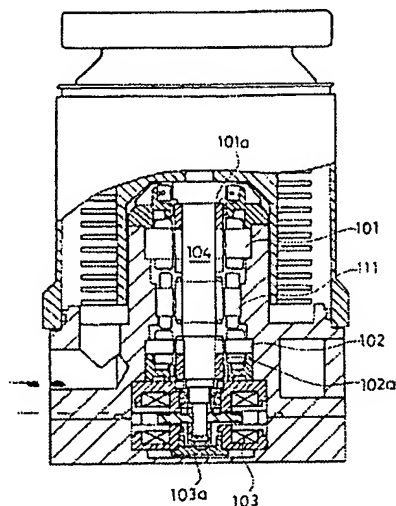


Key: a) stop command; b) activation command; c) print command; d) temperature sensor; 1) turbomolecular pump; 11) bearing control section; 11a) amplifier; 11b) controller; 11c) driver; 11d) comparator; 12) magnetic bearing (electromagnet); 13) displacement sensor; 14) motor-driving section; 14a) inverter; 15) high-frequency

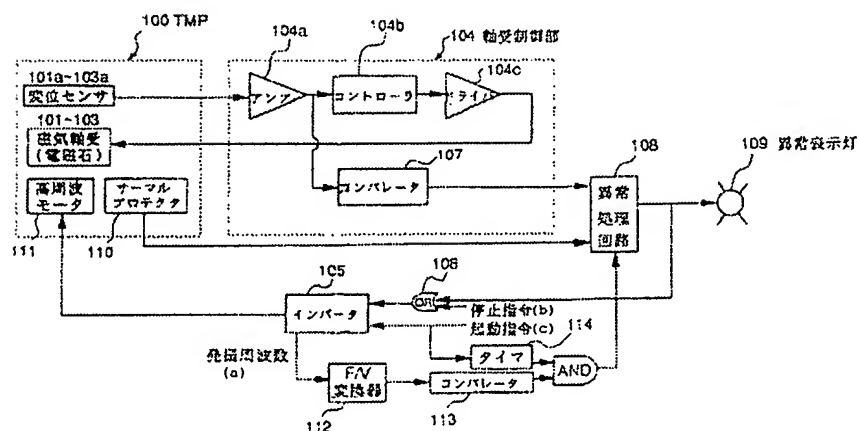
motor; 16) revolution sensor; 17) pressure sensor; 18) temperature sensor; 20) data-processing section; 21c, d) peak-hold circuit; 22) A/D converter; 23) counter; 24) abnormality-processing circuit; 25) abnormality indicator lamp; 26) microcomputer; 27) calendar timer; 28) printer; 29) repair-notice lamp.

/732

[FIG. 4]



[FIG. 5]



Key: a) oscillation frequency; b) stop command; c) activation command; 101-103) magnetic bearing (electromagnet); 101a-103a) displacement sensor; 104) bearing control section; 104a) amplifier; 104b) controller; 104c) driver; 105) inverter; 107) comparator; 108) abnormality-processing circuit; 109) abnormality indicator lamp; 110) thermal protector; 111) high-frequency motor; 112) F/V converter; 113) comparator; 114) timer.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**